

매립장 고화차수재의 화학용액과의 반응특성 Chemical Compatibility of Solidified Liner Materials

정하익¹⁾, Ha-Ik Chung, 조진우²⁾, Jin-Woo Cho, 임재상³⁾, Jae-Sang Lim, 김상길⁴⁾, Sang-Gil Kim

¹⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원, Research Fellow, Dept. of Civil Eng., KICT

²⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원, Researcher, Dept. of Civil Eng., KICT

³⁾ (주) 한미 전무이사, Managing Director, Han Mee Co., Ltd

⁴⁾ (주) 상길테크 대표, President, Sang Gil Tech.

SYNOPSIS : The chemical compatibility of leachate with the two natural materials was analyzed by performing the hydraulic conductivity test. The selected liner materials were natural marine clay and weathered soil sampled from Kimpo wastefill and Daehwa Dong, Kyonggi Do, respectively. PARAFIX, which is mainly composed of paraffin, cement, stearic acid, PVA etc., was used as solidifying agent. The chemical solutions used in the test were 10% acetic acid, 10% methanol, and real leachate from Kimpo wastefill and the results of tests were compared with that of distilled water. The results of tests show that hydraulic conductivity of solidified clay was increased slightly with permeation of acetic acid, methanol and the increase of hydraulic conductivity was not shown with permeation of leachate, distilled water and in case of weathered soil. Based on the tests, it is ascertained that the tested liner materials can be stable with the solution of low concentration.

Key word : Chemical compatibility, Landfill, Liner, Paraffin, Leachate

1. 서론

인구증가 및 산업발달로 인하여 부수적으로 발생하는 가정 폐기물 등의 도시폐기물이나 공장폐기물, 광산폐기물, 핵폐기물 등의 산업폐기물이 매년 증가추세에 있으며 이들의 효과적인 처리를 위하여 매년 막대한 예산이 소요되고 있다. 이러한 폐기물의 대부분은 매립방식에 의해 처리되고 있으며 따라서 2차적인 환경문제가 유발되지 않도록 위생매립되어야 한다. 매립지를 위생적으로 처리하기 위해서는 매립지내 침출수의 확산과 주변 지하수의 오염을 방지하기 위한 위생매립시스템의 구축이 이루어져야 하며 이때 차수시설 및 복토시설의 차단층이 매우 중요한 역할이 하게된다. 현행 폐기물관리법은 폐기물 매립시설에서 오염물질이 유출되는 것을 방지하기 위하여 매립시설에 바닥 차수층을 두도록 정하고 있으며 점토·벤토나이트의 점토류, 점토류와 합성수지 차수막의 복합차수층, 기타 점토차수층 및 복합차수층과 동등한 차수효과를 지닌 차수층의 설치를 명시하고 있다. 이러한 바닥 차수층은 어느 경우이나 1×10^{-7} cm/sec 이하의 투수계수조건을 만족하여야 하며 점토류와 같은 천연재료의 사용은 우리나라를 포함한 외국의 경우에도 마찬가지로 시공실적이 많고 가장 널리 사용되고 있다. 매립장에 사용되는 차수층은 물과 접촉함과 동시에 침출수 등에 포함되어 있는 화학성분과도 반응하게된다. 점토 및 화강토 등의 고화차수층의 경우 이러한 화학성분과의 반응에 의하여 투수계수 및 강도 등의 공학적 성질의 변화가 유발될 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 고화 차수층의 화학용액과의 반응특성을 조사하였다. 투수용액으로는 폐기물 매립장 침출수 중에 많이 포함되어 있는 유기물질 중에서 산성용액으로 acetic acid, 중성용액중에서 극성용액으로 methanol을 사용하였으며 실제 매립장 침출수인 김포 수도권매립지의 침출수를 사용하여 투수실험을 실시하였으며 비교 대상으로 일반 증류수를 같이 사용하여 상호 비교하였다. 투수계수 측정 시 acetic acid와 methanol 용액의 농도를 10%로 하였으며 세립토에서 화학용액과 라이너와의 화학적 상호작용이 일어나게 하기 위하여 0.2kg/cm²의 수압을 이용하여 10 간극체적(pore volume)까지 투수계수를 측정하였다.

2. 실험

2.1 사용시료 및 투수용액

본 연구에 사용된 재료는 국내에 일반적으로 분포하고 있는 흙 중에 대표적으로 점토와 화강토를 선정하였다. 실험재료로서 점토와 화강토를 선정한 이유는 점토는 해안매립지의 대표적인 구성흙이고 화강토는 육상매립지의 대표적인 구성흙이기 때문이다. 점토는 수도권매립지 3공구에서 채취하였으며 화강토는 경기도 고양시에서 채취하였다. 각 재료의 기본물성은 표 1과 같다.

화강토 및 점토의 비중은 각각 2.64와 2.77이며 그림 1에 제시한 바와 같이 200번체 통과율은 화강토 47.67%, 점토 89.2%로 나타났다. 균등계수(Cu)와 곡률계수(Cc)는 화강토 16.67과 0.77, 점토 18, 1.68로 나타났고 액·소성 시험결과 화강토는 비소성, 점토는 액성한계 32.2%, 소성지수 6.8%로 통일분류법에 의하여 화강토는 SM, 점토는 ML로 분류된다.

표 1. 시료의 기본물성

시료	자연함수비 (%)	비중	200번체 통과량 (%)	D ₁₀ (mm)	Cu	Cc	LL (%)	PI (%)	통일분류
화강토	13	2.64	47.67	0.012	16.67	0.77	27.20	N.P	SM
점토	25	2.77	89.2	0.001	18	1.68	32.2	6.8	ML

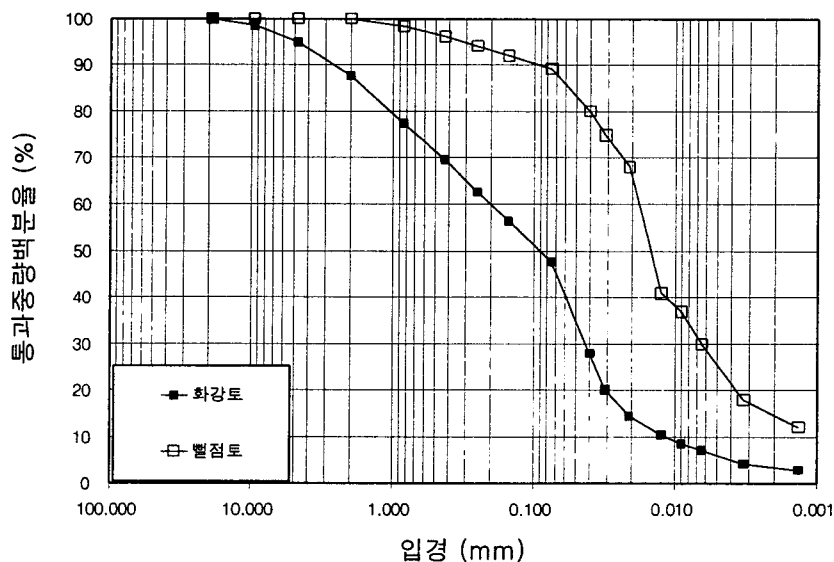


그림 1. 시료의 입도분포곡선

일반적으로 해성점토 및 화강토를 차단층으로 사용할 경우에는 그 자체만으로는 투수계수 조건을 만족시키지 못하기 때문에 벤토나이트, 시멘트, 석회 등을 첨가하여 사용하고 있다. 본 연구에서는 PARAFIX를 이용하였는데, 본 고화제는 파라핀(paraffin)을 주성분으로 하여 시멘트와 석회의 여러 장점을 그대로 이용하는 동시에 파라핀의 피막작용을 이용한 고화제로서 파라핀이 시멘트 및 석회의 화학작용을 촉진하며 파라핀 중합체(Polymer)를 형성함으로써 투수계수를 감소시킨다. 고화제의 첨가량은 20%로 하였는데, 이는 증류수에 대한 투수실험결과 투수계수가 1×10^{-7} cm/sec 이하가 되는 비율이다.

투수용액으로는 폐기물 매립장 침출수 중에 많이 포함되어 있는 유기물질 중에서 산성용액으로 acetic acid, 중성용액중에서 극성용액으로 methanol을 사용하였으며 용액의 농도는 각각 10%로 조정하였다. 또한 실제 매립장 침출수인 김포 수도권매립지의 침출수를 사용하였으며, 증류수를 같이 사용하여 상호 비교하였다. Acetic acid는 도시폐기물 매립장의 유기질이 부패되어 가는 과정에서 발생하는 유기산으로서 물에 완전히 용해되며 유전체상수는 6.2이다. Methanol은 alcohol계로서 역시 물에 완전히 용해되는 성질을 가지고 있으며 유전체상수는 32.6이고 공업용 feedstock와 용매로서 주로 사용된다.

표 2. 화학용액의 기본 특성

용액	분자식	분자무게 (g)	용해성 (g/L)	밀도 (g/L)	점도 (g/cc)	유전체상수	비고	
물	H ₂ O	18.0	-	0.998	1.02	80.0	Neutral Polar	
화학용액	Acetic Acid	CH ₃ COOH	60.1	Miscible	5.05	1.28	6.2	Acid
	Methanol	CH ₃ OH	32.04	Miscible	0.7920	0.593	32.6	Neutral Polar
	침출수	-	-	-	-	-	-	수도권 매립지

2.2 실험방법

차수층과 화학용액과의 반응성을 검토하기 위한 투수시험은 KS F 2322의 정수위 투수실험방식으로 직경 5cm, 높이 6cm의 강석벽 투수실험기를 사용하였다. 시료는 다짐실험의 결과로부터 최대건조밀도의 95%의 밀도와 최적함수비에 3%를 더한 함수비로 하여 제작하였다(Goldman et al., 1987). 투수계수 1×10^{-7} cm/sec 이하의 투수계수를 갖는 세립토와 화학용액의 상호작용을 분석하기 위해서는 10 간극체적 이상의 용출액을 흘려보내야 하므로 자연상태의 동수경사로는 수주 이상의 시간이 소요된다. 따라서 본 연구에서는 가압장치를 이용하여 0.2kg/cm^2 의 수압을 가하였다.

3. 실험결과

일반적으로 점토의 경우 침출수에 의하여 투수계수가 증가하는 것으로 보고되고 있는데, 이러한 투수성의 변화는 이중층 수축에 의한 macro-pore의 증가와 균열의 진행 등이 원인으로 규명되고 있으며, 낮은 유전체 상수를 가진 고농도의 유기·비유기질의 용액이 점토에 있어 투수성의 증가를 발생시킬 수 있음이 여러 학자들에 의하여 규명되어 왔다(Madson and Mitchell, 1987).

기존 문헌에 의하면 순수한(100%) 화학용액에 의한 Georgia 점토의 투수계수는 acetic acid의 경우 2배, methanol의 경우 7.5~44배 정도 증가하는 것으로 보고되고 있다(Bowders, 1985). Acetic acid의 경우에는 흡 성분의 용해로 인한 파이핑 현상이 그 원인으로 보고되고 있으며, methanol의 경우 낮은 유전체 상수로 인하여 점토의 확산이중층간 간격이 감소되어 시료내 입자구조의 변화가 발생되었기 때문으로 보고되고 있다.

실험결과 화강토의 경우 일정한 경향을 찾을 수 없었으며 점토의 경우 acetic acid와 methanol을 투과 용액으로 사용한 시료의 투수계수가 높게 나타났으나, 그 차이는 크지 않았다. 일반담수와 침출수 및 화학용액을 이용한 투수시험 결과 투수계수의 차이는 크지 않았다. 따라서 일반폐기물 매립장에서 발생하는 화학용액과의 화학적 반응에 의한 투수계수의 증가는 미약한 것으로 나타났다.

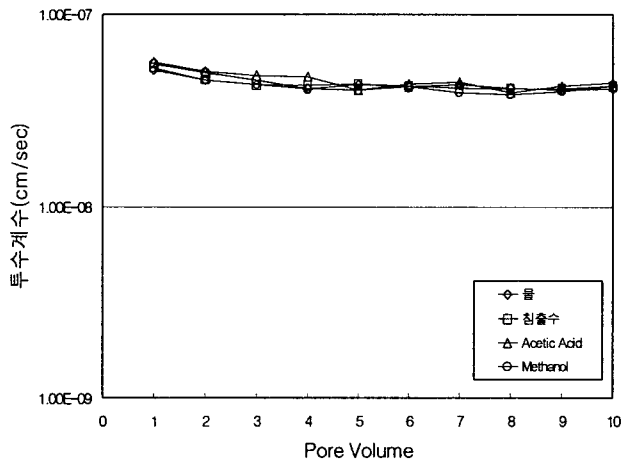


그림 2. 화학용액에 의한 투수계수의 변화(화강토)

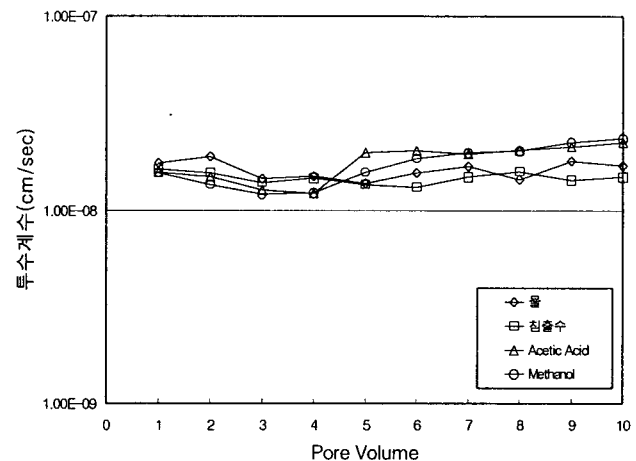


그림 3. 화학용액에 의한 투수계수의 변화(점토)

4. 결론

고화 차수층과 화학용액과의 상호작용에 의한 투수실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 고화 화강토 및 점토에 대한 실험결과 화강토의 경우 화학용액과의 반응에 의한 투수계수의 변화를 관찰할 수 없었으며, 점토의 경우 미세한 투수계수의 증가를 관찰할 수 있었다.
- 2) 화학용액에 따른 점토 차수층의 투수계수는 acetic acid와 methanol을 사용한 경우 4~5 간극체적 이후부터 약간의 투수계수 증가를 관찰할 수 있었으며, 침출수의 경우에는 증류수를 사용했을 때와 큰 차이를 보이지 않았다.
- 3) 일반 폐기물 매립장에서 발생하는 저농도의 화학용액과의 고화 차수층의 화학적 반응에 의한 투수계수의 증가는 미약한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Bowders, J. J.,(1985), "The Influence of Various Concentrations of Organic Liquids on the Hydraulic Conductivity of Compacted Clay", Geotechnical Engineering Dissertation Gt85-2, The University of Texas at Austin.
2. Goldman L. J., Greenfield, L. I., Damle A. S., Kingsburg G. L.,(1987), "Design, Construction, and Evaluation of Clay Liners for Waste Management Facilities", US EPA, EPA Contact No. 68-01-7310.
3. Madson, F. T. and Mitchell, J. K.,(1987), "Chemical Effects on Clay Hydraulic Conductivity and their Determination", University of California Berkely, California.